



# Ökobilanz - Grundlage



für die Umweltdeklaration  
von Titanzink-Blechen und  
Bändern der Firma  
**RHEINZINK GmbH & Co. KG**  
zur Vorlage bei der AUB



### **Titel der Studie**

Ökobilanz-Grundlage für die Umweltdeklaration von Titanzink-Blechen der Firma RHEINZINK zur Vorlage bei der AUB

### **Auftraggeber**

RHEINZINK GmbH & Co. KG  
Bahnhofstraße 90  
D-45711 Datteln

**September 2005**

### **Autoren:**

Nicole Gallon  
Johannes Kreißig



### **PE Europe GmbH**

Hauptstraße 111 – 113  
D – 70771 Leinfelden – Echterdingen  
Tel. +49 (0) 711 34 18 17 – 0  
Fax +49 (0) 711 34 18 17 – 25  
E-mail [info@pe-europe.com](mailto:info@pe-europe.com)  
Internet [www.pe-europe.com](http://www.pe-europe.com)

## 1 Zielsetzung

Ziel dieser Dokumentation ist es, die notwendigen Ökobilanz-Informationen für eine AUB-Umweltdeklaration der **Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliches Bauprodukt** für die Herstellung von Zinkblechen der Firma RHEINZINK darzustellen.

Die Durchführung dieser Studie orientiert sich an den Grundsätzen für Ökobilanzen, die in DIN ISO 14040 ff. (ISO 14040; ISO 14041; ISO 14042; ISO 14043) festgelegt sind.

## 2 Systembeschreibung und Untersuchungsrahmen

### 2.1 Systembeschreibung

#### 2.1.1 Produktdefinition

Die in dieser Studie betrachteten Zinkbleche sind aus dem Werkstoff Titanzink gefertigt. Dieser Werkstoff RHEINZINK® -Titanzink ist eine Legierung auf der Basis von Feinzink mit Zusätzen von Kupfer, Titan und Aluminium, aus der sämtliche RHEINZINK® – Produkte gefertigt sind. Der Werkstoff ist in drei Oberflächenqualitäten erhältlich: RHEINZINK® - walzblank und RHEINZINK® -"vorbewittert<sup>pro</sup> blaugrau" und RHEINZINK® – „vorbewittert<sup>pro</sup> schiefergrau“.

#### 2.1.2 Anwendung

Zinkbleche kommen in verschiedenen Anwendungsgebieten zum Einsatz. Zum einen handelt es sich dabei um Dachentwässerungen, Dachanwendungen oder Fassadenanwendungen.

Für die Dachentwässerung werden die Zinkbleche zu Dachrinnen, Fallrohren, Traufblechen, Kleinteilen oder konstruktiven Blechen verarbeitet. Bei der Dachentwässerung wird eine Minderung der benetzten Fläche bezogen auf das Material durch Verschnitt beim Zuschneiden von Blechen, Rinnen und Rohren, durch Überlappen beim Zusammenstecken und Verbinden durch Löten und durch Einbau unter einem Dachüberstand erreicht.

Bei Dachanwendungen wird, je nach Verlegesystem, die benetzte Fläche durch Falze, Abkantungen, Überdeckungen, Verschnitt usw. vermindert.

Eine Reduktion der benetzten Fläche erfolgt bei den Fassadenanwendungen durch vertikale Montage (Dachüberstand, Orientierung und Abschattung, z. B. durch angrenzende Bebauung oder Bäume).

#### 2.1.3 Herstellung

Ein wesentlicher Schritt in der Herstellung von Zink-Bändern in vorgegebenen Dicken geschah durch den Einsatz des kontinuierlichen Breitband-Gieß-Walz-Verfahrens bei RHEINZINK.

Hier wird in einem Induktions-Tiegelofen (bei 760°C) zur Qualitätsverbesserung und aus energetischen Gründen eine Vorlegierung (Zusammenschmelzung von Feinzink, Kupfer, Titan und Aluminium) hergestellt. Die entstehenden Vorlegierungsblöcke enthalten ein Vielfaches der Titan- und Kupferanteile der späteren Walzlegierung. Diese Vorlegierungs-

blöcke und Feinzink werden in großen Schmelzöfen (Induktionsrinnenöfen) bei 500 - 550 °C geschmolzen und durch Induktionsströme in optimaler Weise durchmischt.

Die gewonnene Legierung gelangt dann in flüssiger Form zur Gießmaschine. Hier wird sie durch einen geschlossenen Wasserkreislauf unter den Schmelzpunkt abgekühlt, so dass ein fester Guss-Strang entsteht. Dieser Prozess muss in der gleichen Geschwindigkeit wie auch die nachfolgenden Arbeitsgänge – Walzen und Aufwickeln – ablaufen.

Über eine Kühlstrecke und Schlingentürme zum Ausgleich geringfügiger Geschwindigkeitsunterschiede gelangt der Strang zu den Walzgerüsten. Der Walzprozess erfolgt mit 5 Walzenpaaren, sog. Walzgerüsten. An jedem dieser Walzgerüste erfährt der Werkstoff durch entsprechende Drücke eine Dickenreduktion um bis zu 50 %. Gleichzeitig wird das Material mittels einer speziellen Emulsion gekühlt und geschmiert. Durch die exakte Abstimmung von Druck und Kühlung werden die metallurgischen Eigenschaften des Materials – wie Duktilität, Zugfestigkeit, Zeitstandfestigkeit - beeinflusst.

Nach dem Walzen wird das fertige Band zu 20 t schweren Großcoils aufgewickelt, welche noch eine Temperatur von ca. 100 C haben und zur weiteren Abkühlung zwischengelagert werden. Der Walzvorgang bringt es mit sich, dass das Dünoblech Spannungen aufweist, die für eine spätere Anwendung ungünstig sind. Um diese Spannungen zu beseitigen wird das Blech in einem weiteren Prozess gestreckt, mehrfach gebogen und gerichtet. Anschließend kann es dann längs und quer geteilt und beispielsweise zu Tafeln für Dächer oder Fassaden oder zu Dachentwässerungsprodukten weiterverarbeitet werden.

Die Vorbewitterung findet nur für die Produkte mit "vorbewitterter" Oberfläche statt. Nach einem Säuberungsvorgang werden die Bänder einer Beizung unterzogen und gespült. Der komplette Beizprozess findet in einer geschlossenen, kontinuierlich arbeitenden Anlage statt.

Der Produktionsprozess besteht aus den sieben Schritten:

- **Vorlegieren**
- **Schmelzen**
- **Gießen**
- **Walzen**
- **Aufwickeln**
- **Recken und Schneiden**
- **"Vorbewitterung"**

Alle während der Herstellung anfallenden Reste von Zinkblechen werden dem Produktionsprozess ausnahmslos wieder zugeführt.

Tabelle 2-1 stellt die der Bilanzierung zu Grunde liegende Massenbilanz im Input und Output dar.

**Tabelle 2-1: Vereinfachte Stoffbilanztafel für die Herstellung von 1 kg Titan-Zink**

Input	kg / kg		Output	kg / kg	
Feinzink	0,99835		Zink	1	
Kupfer	0,00008				
Aluminium	0,00150				
Titan	0,00007				
<b>Summe</b>		<b>1</b>	<b>Summe</b>		<b>1</b>

### 2.1.4 Nutzung

Die Nutzungsphase der Zinkbleche wird in verschiedene Anwendungsgebiete unterteilt. Dabei handelt es sich um eine Dachanwendung, eine Dachentwässerung sowie die Fassadenanwendung.

Unter Dachanwendungen versteht man die benetzte Fläche durch Falze, Abkantungen, Überdeckungen, Verschnitte usw.. Bei Dachentwässerungen handelt es sich um die benetzte Fläche von Dachrinnen, Fallrohren, Traufblechen, Kleinteile und konstruktive Bleche. Die Fassadenanwendung umfasst z. B. Dachüberstände und Abschattungen.

Jede dieser Anwendungen liefert einen Beitrag an Zinkabtrag, der im Wesentlichen durch Regen verursacht wird.

Berechnet wird der Zinkabtrag [g/a], der bei den unterschiedlichen Anwendungen mit spezifischen Blechdicken [mm], Abwitterungsfaktor [g/m<sup>2</sup>\*a] und Abminderungsfaktoren [%] anfällt.

Der Zinkabtrag variiert je nach Anwendung und Abwitterungsfaktor. In der nachfolgenden Tabelle wird daher mit einem minimalen sowie einem maximalen Abwitterungsfaktor gerechnet. [Quelle: AUB Deklaration RHEINZINK GmbH & Co. KG – Zinkbleche]

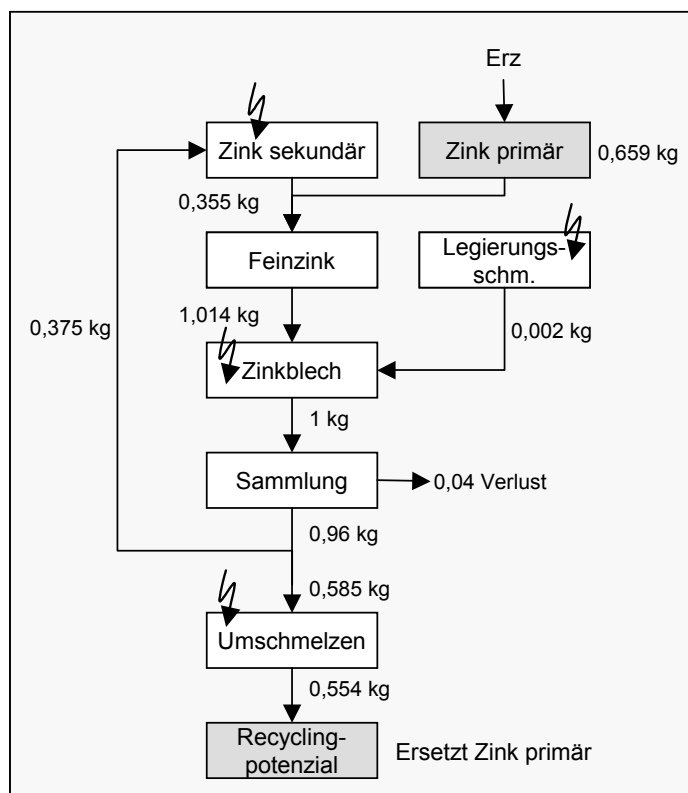
**Tabelle 2-2: Zinkabtrag der spezifischen Anwendungen der Zinkbleche**

	Dach- entwässerung	Dach- anwendungen	Fassaden- anwendungen
Durchschnittliche Blechdicke [mm]	0,70	0,71	0,77
Rohdichte Zink [g/cm <sup>3</sup> ]	7,20	7,20	7,20
Benetzte Fläche [%]	0,50	0,75	0,10
Maximaler Abwitterungsfaktor [g/m <sup>2</sup> *a]	4,59	4,59	4,59
Minimaler Abwitterungsfaktor [g/m <sup>2</sup> *a]	3,76	3,76	3,76
<b>Maximaler Zink-Abtrag [g/kg*a]</b>	<b>0,46</b>	<b>0,68</b>	<b>0,08</b>
<b>Minimaler Zink-Abtrag [g/kg*a]</b>	<b>0,37</b>	<b>0,56</b>	<b>0,07</b>

## 2.1.5 End of Life

Die End-of-Life Phase der betrachteten Studie über Zinkbleche behandelt das Sammeln der Zinkschrotte (interner Produktionsschrott sowie Zinkschrott aus Verarbeitungsprozessen) sowie das Umschmelzen des Zinkschrottes in sekundäres Zink. Die Sammelquote der Zinkschrotte beträgt 96 %. Ein Teil des gesammelten Zinkschrottes wird wieder für die Herstellung von Titanzinkblechen eingesetzt (ca. 39 %), der Rest wird ins Umschmelzen geschickt. Durch das entstehende sekundäre Zink, das so genannte Recyclingpotenzial, wird eine Vermeidung der zukünftigen Primärfeinzinkproduktion erreicht.

Das Recyclingpotenzial eines kg Titanzinkblech mit einem 65 %-Anteil an primären Feinzink stellt die mögliche Substitution von primären Ressourcen und den mit ihrer Gewinnung verbundenen Umweltlasten unter der Annahme einer 96 %-igen Schrottsammelquote und den heutigen Technologien des Metallrecyclings dar. Abbildung 2-1 stellt dies graphisch dar:



**Abbildung 2-1: Herstellung von einem kg Zinkblech sowie Recyclingpotenzial**

Im gesamten Prozess fallen ca. 10,5 % Produktionsverluste an, diese sind mit gekennzeichnet.

## 2.2 Untersuchungsrahmen

### 2.2.1 Deklarierte Einheit

Die Deklaration bezieht sich auf die Herstellung und das Recycling von einem Kilogramm Zinkblech (durchschnittliche Blechdicke).

### 2.2.2 Systemgrenzen

Die Lebenszyklusanalyse für die **Herstellung** des betrachteten Titanzink-Blechtes umfasst die Lebenswegabschnitte „cradle to gate“. Sie beginnt mit der Berücksichtigung der Erzgewinnung und der Verarbeitung zu Feinzink. Ebenfalls eingeschlossen ist die Herstellung der weiteren Roh- und Hilfsstoffe. Die Blechproduktion ist in die Analyse eingeschlossen. Transporte des eingesetzten Erzkonzentrats und des Feinzinks zur Blechherstellung werden berücksichtigt.

Die **Nutzungsphase** bezieht sich ausschließlich auf den Zinkabtrag der Anwendungsgebiete Dachdeckung und Fassadengestaltung sowie Systeme für Dachentwässerung.

Die Systemgrenzen für das **End of Life** beziehen sich auf den Lebenswegabschnitt der Wiederverwertung, d. h. die werkstoffliche Aufbereitung von Zinkschrotten. Der Bilanzraum beginnt am Werkstor der Aufbereitungsanlage. Es wird unterstellt, dass die Zinkschrotte an der Aufbereitungsanlage angeliefert werden. Die Betrachtung beginnt inputseitig für die Aufbereitung mit dem Prozess des Umschmelzens in Schmelzöfen. Outputseitig wird angenommen, dass die anfallende Menge an Sekundärzink einer Wiederverwendung zugeführt wird, da Zinkschrotte ohne Qualitätsverlust umgeschmolzen werden können. Anfallende Nebenprodukte wie Schmelzrückstände, Seigerprodukte wie Hartzink, Aschen und Stäube können als werthaltige Produkte ebenfalls weiterverarbeitet werden.

### 2.2.3 Abschneidekriterien

Auf der Inputseite wurden alle Stoffströme, die in das System eingehen und größer als 1 % ihrer gesamten Masse sind oder mehr als 1 % zum Primärenergieverbrauch beitragen, berücksichtigt. Auf der Outputseite werden alle Stoffströme erfasst, die das System verlassen und deren Umweltauswirkungen größer als 1 % der gesamten Auswirkungen der berücksichtigten Wirkkategorien sind.

### 2.2.4 Annahmen und Abschätzungen

Obwohl nicht alle Zinkbleche einzeln untersucht wurden, kann davon ausgegangen werden, dass der dargestellte Produkt-Mix eines Zinkbleches mit durchschnittlicher Blechdicke repräsentativ für die Produktpalette von Zinkblechen ist. Der Aufwand zum Walzen der spezifischen Dicken der einzelnen Zinkbleche wird als vernachlässigbar angenommen.

### 2.2.5 Betrachtungszeitraum

Die Datengrundlage der vorliegenden Ökobilanz beruht auf Datenaufnahmen der Firma RHEINZINK und der Wirtschaftsvereinigung Metalle. Die RHEINZINK GmbH ermittelte Daten für produktionsspezifische Prozesse aus dem Jahr 2000. Die Wirtschaftsvereinigung Metalle liefert statistische Zahlen zur Zinkproduktion aus dem Jahr 2004 (Importanteile Zinkkonzentrate, Importanteile Feinzink sowie den Anteil an Sekundärzink).

Die verwendeten Daten spiegeln die tatsächlichen Produktionsprozesse für Zinkbleche der Firma RHEINZINK am Standort Datteln wider. Die eingesetzten Mengen an Rohstoffen, Energien, Hilfs- und Betriebsstoffen wurden als Jahresmittelwerte erhoben.

### 2.2.6 Hintergrunddaten

Zur Modellierung des Lebenszyklus für die Herstellung und Aufbereitung von Zinkblechen (Produkt-Mix) wurde das vom Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde (IKP) der Universität Stuttgart und der PE Europe GmbH gemeinsam entwickelte Software-System

zur Ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi 4" eingesetzt /GABI 2003/. Alle für die Zink-Herstellung und Aufbereitung relevanten Hintergrund-Datensätze wurden der Datenbank der Software GaBi 4 entnommen bzw. wie oben erwähnt, durch die spezifische Datenaufnahme bei der Firma RHEINZINK am Standort Datteln erhoben.

### **2.2.7 Datenqualität**

Das Alter der verwendeten Daten liegt meist unter 5 Jahren. Das Alter der verwendeten Daten liegt unter 5 Jahren. Die bei RHEINZINK eingesetzten Herstellverfahren entsprechen im Wesentlichen denen anderer Hersteller.

### **2.2.8 Allokation**

Als Allokation wird die Zuordnung der Input- und Outputflüsse eines Ökobilanzmoduls auf das untersuchte Produktsystem verstanden /ISO 14040/.

Für das betrachtete System der Herstellung der Titanzink-Bleche sind verschiedene Allokationen notwendig. Dabei handelt es sich

- um eine Allokation beim Zinkumschmelzen nach Masse auf Zink, Hartzink und Abschmelzrückstand.
- um eine Allokation der Zinklaugerei inklusive Laugenreinigung (Nebenprodukte Kupfer, Blei-Silber-Gemisch, Cadmium Brikett) nach Preis.
- um eine Allokation bei der Zinkkonzentratherstellung auf die Produkte Zink-, Kupfer- und Bleikonzentrat nach Preis.

Das Recyclingpotenzial wurde nach der Anforderung des AUB-PCR Dokuments „Baumetalle“ berechnet.

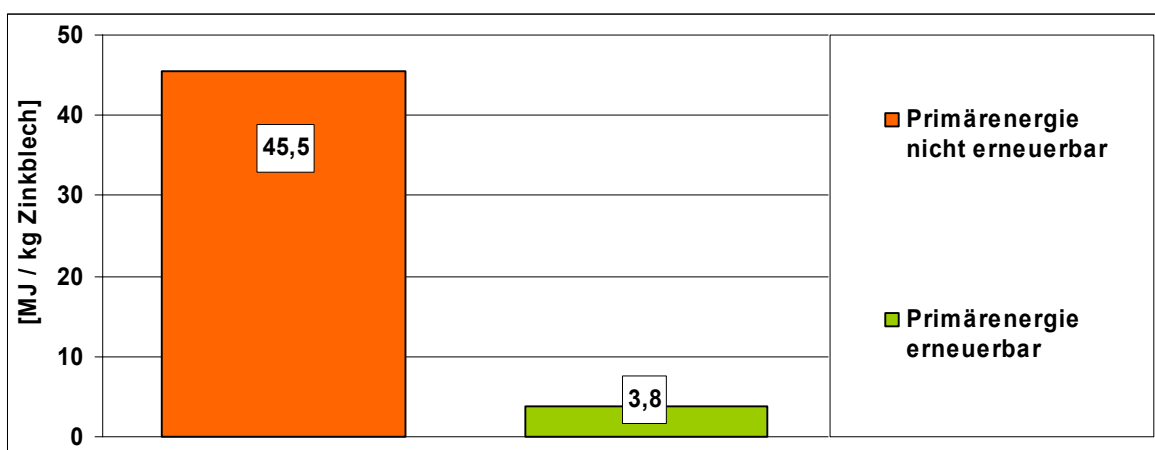
Es beschreibt den ökologischen Wert der „Anreicherung“ eines Materials in der „Technosphäre“. Es stellt dar, wie viele Umweltlasten dadurch im Verhältnis zur Neuerzeugung des Materials eingespart werden können (hier die Vermeidung an primärer Feinzinkproduktion). Es wird dazu von einer Sammelquote von 96 % ausgegangen (vgl. Kapitel 6). Unter Berücksichtigung dieser Sammelquote und den heutigen Technologien im Bereich Metallrecycling wird für ein kg Titanzink-Blech mit einem Anteil von 65 % Primär-Feinzink gerechnet. Da es sich beim Recyclingpotenzial um eine Einsparung in der Herstellung handelt, besteht es aus einem kompletten Datensatz mit mehreren Kennwerten. Wird das komplette Recyclingpotenzial genutzt, werden die Werte zur Herstellung um die Werte für das Recyclingpotenzial gesenkt. Dies stellt die Lebenszyklussicht dar und ist in den Ergebnistabellen als „Summe Herstellung und Recyclingpotenzial“ dargestellt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Energieverbrauch

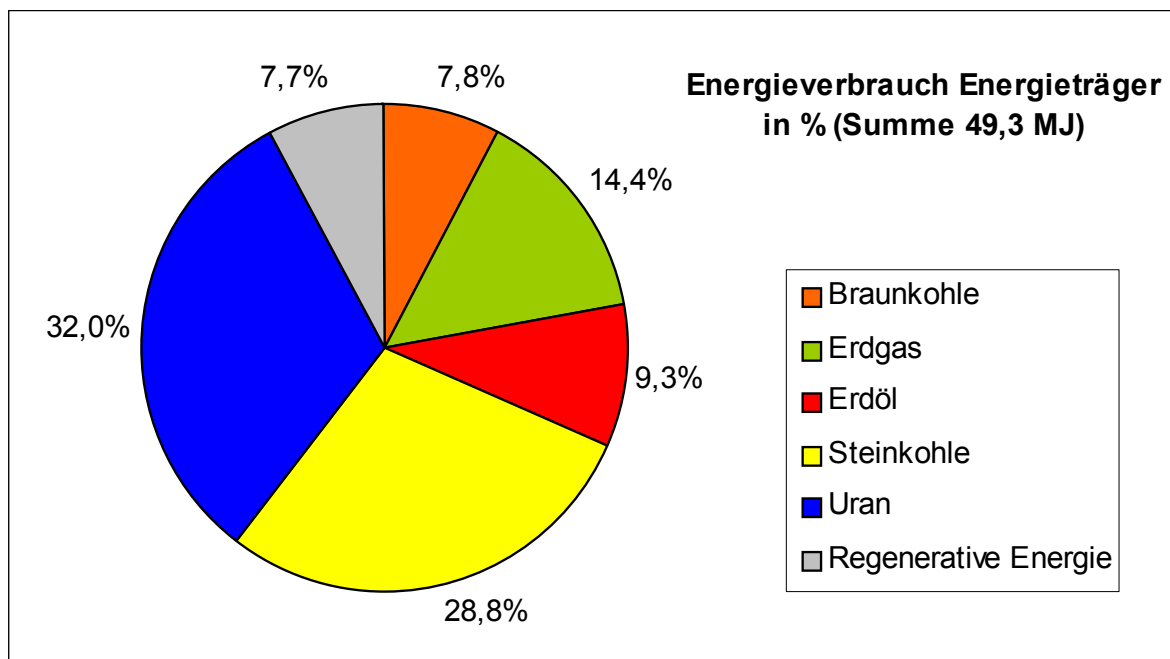
Die nachfolgende Abbildung 3-1 zeigt den Energieverbrauch für die Herstellung von einem Kilogramm Zinkblech. Der Verbrauch nicht regenerativer Energien für die Blechherstellung liegt bei 45,5 MJ je kg. Dieser stammt zum größten Teil aus der primären Feinzinkproduktion (Strom-Mix und Zinkkonzentratabbau). 81 % der nicht regenerativen Energien können der Feinzinkherstellung zugewiesen werden, 12 % resultieren aus dem Zinkumschmelzen in der Herstellungsphase.

Zusätzlich werden noch 3,8 MJ regenerativer Energien (85 % aus Wasser-, 4 % Windkraft und 10 % Holz) für die Herstellung von einem Kilogramm Zinkblech verbraucht. 90 % werden durch die Herstellung des Feinzink-Mixes und 7 % durch das Zinkumschmelzen während der Herstellung benötigt.



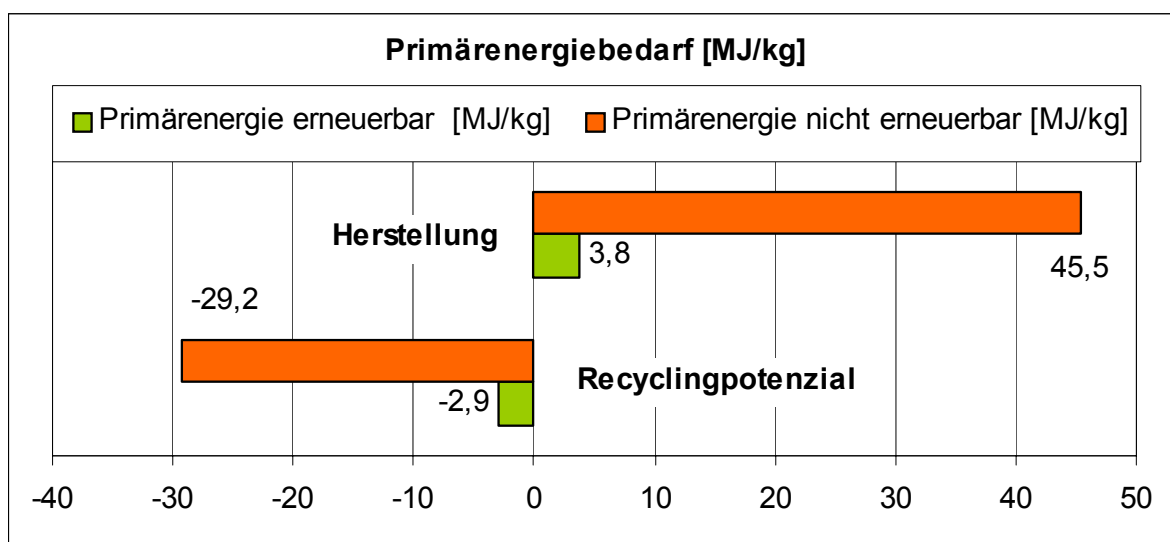
**Abbildung 3-1: Einsatz erneuerbarer und nicht erneuerbarer Primärenergie zur Herstellung von einem kg Zinkblech**

Die nähere Auswertung des nicht erneuerbaren Energiebedarfs zur Herstellung eines Kilogramms Zinkblech (Abbildung 3-2) zeigt, dass als wesentliche Primärenergieträger Uran und Steinkohle eingesetzt werden, die zusammengenommen 60 % der notwendigen Primärenergie decken. Der relativ hohe Urananteil am Primärenergieverbrauch hat seine Ursache im Stromverbrauch zur Feinzinkherstellung, der durch einen Strom-Mix gedeckt wird, in den auch Atomenergie eingeht. Des Weiteren trägt der Stromverbrauch zum Umschmelzen des Zinkschrottes zum hohen Uran-Anteil bei. Etwa 24 % des Energiebedarfs werden durch Erdgas und Erdöl gedeckt. Den geringsten Beitrag liefert Braunkohle mit fast 8 %.



**Abbildung 3-2: Verteilung des Energieverbrauchs bei der Herstellung von 1 kg Zinkblech**

Betrachtet man Herstellung und End of Life (Umschmelzen der Zinkschrotte mit Gutschrift von Primärzink), so stellt man fest, dass das Recyclingpotenzial für Primärzink mit 32 MJ Primärenergie je kg Titanzink-Blech beachtlich ist. Dadurch verringert sich der netto Primärenergieaufwand (Lebenszyklus-Betrachtung) um fast zwei Drittel.



**Abbildung 3-3: Primärenergiebilanz erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energieträger**

### 3.2 Abfälle

Die Auswertung des Abfallaufkommens zur Herstellung von einem kg Zinkblech wird getrennt für die drei Fraktionen Abraum/Haldengüter (einschließlich Erzaufbereitungsrückstände), Siedlungsabfälle (darin enthalten Hausmüll und Gewerbeabfälle), Sondermüll inkl. radioaktive Abfälle dargestellt (Tabelle 5).

Bei den **Haldengütern** stellt der Abraum die größte Menge dar, gefolgt von den Erzaufbereitungsrückständen. Abraum fällt vor allem in der Vorkette der Gewinnung von Strom an (Kohleförderung). Erzaufbereitungsrückstände fallen durch die Gewinnung und Aufbereitung von Erzkonzentraten an.

Wesentlichste Einflussgrößen innerhalb des Segments **Siedlungsabfall** ist der unspezifische Abfall. Alle anderen Fraktionen spielen eine untergeordnete Rolle.

**Sonderabfälle** sind im Wesentlichen Abfälle aus vorgelagerten Stufen, vor allem Schlämme aus der Herstellung des Zinkkonzentrats sowie den Vorketten der Gewinnung von Strom. Die radioaktiven Abfälle sind ausschließlich durch den Stromverbrauch (Kernkraft) bedingt.

Weitere Informationen sind im Anhang A aufgeführt.

Tabelle 3-1 zeigt das Abfallaufkommen von 1 kg Zinkblech über den gesamten Lebenszyklus (Herstellung, Umschmelzen und die resultierende Gutschrift). In der Spalte ‚Summe Herstellung und Recyclingpotenzial‘ setzt sich das Recyclingpotenzial aus der Summe von Umschmelzung und Gutschrift zusammen.

**Tabelle 3-1: Abfallaufkommen über den gesamten Lebenszyklus von 1 kg Zinkblech**

Titanzink-Blech				
Auswertegröße	Summe Herstellung und Recyclingpotenzial [kg / kg Zinkblech]	Abfälle der Herstellung [kg / kg Zinkblech]	Abfälle der Umschmelzung [kg / kg Zinkblech]	Gutschrift [kg / kg Zinkblech]
Abraum / Haldengüter	3,66	8,43	0,075	-4,83
Siedlungsabfälle (Haus- und Gewerbemüll)	0,209 * 10 <sup>-3</sup>	0,3 * 10 <sup>-3</sup>	1,48 * 10 <sup>-6</sup>	-92,66 * 10 <sup>-6</sup>
Sondermüll	7,28 * 10 <sup>-3</sup>	17,4 * 10 <sup>-3</sup>	0,746 * 10 <sup>-3</sup>	-10,5 * 10 <sup>-3</sup>

### 3.3 Wirkungsabschätzung

Die folgende Tabelle (Tabelle 3-2) zeigt die Beiträge der Herstellung und Aufbereitung von Zinkblechen zu den Wirkungskategorien Treibhauspotenzial, Ozonabbaupotenzial, Versauerungspotenzial, Überdüngungspotenzial und Sommersmogpotenzial.

Das **Treibhauspotenzial** wird zu über 98 % vom Kohlendioxid dominiert. Der Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen in der End-of-Life Phase stehen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Herstellung zuzüglich der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Umschmelzung gegenüber. In Summe ergibt das ein Treibhauspotenzial von 0,96 kg CO<sub>2</sub>-Äqv. für den gesamten Lebenszyklus eines kg Zinkblech.

Wesentlichsten Anteil am **Ozonabbaupotenzial** der Herstellung hat der Stromverbrauch im Herstellungsprozess.

Zum **Versauerungs-** und zum **Überdüngungspotenzial** tragen sowohl die Herstellung des Zinkkonzentrates als auch die Gewinnung von Strom bei. Beim Versauerungspotenzial sind die Emissionen der Gutschrift höher als die Emissionen der Herstellung. Auch nach

Abzug der Emissionen des Umschmelzprozesses bleibt eine Gutschrift von 0,0033 kg SO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Für die Gewinnung der Gutschrift wurde ein allgemeiner Datensatz für primäres Feinzink verwendet. Durch die unterschiedlichen Herstellrouten ist es daher möglich, dass das Recyclingpotenzial größer als der Aufwand in der Herstellung ist.

Für das Überdüngungspotenzial gilt, dass über den gesamten Lebenszyklus 0,277 \* 10<sup>-3</sup> kg Phosphat-Äquivalente entstehen.

Das **Sommersmogpotenzial (Bodennahe Ozonbildung)** wird wie die anderen Wirkkategorien durch die Herstellung des Feinzinks dominiert. Ebenso wie bei den Umweltwirkungskategorien Versauerung und Überdüngung ist die Gewinnung von Strom der Prozess mit dem größten Einfluss. Durch das Umschmelzen des Zinkschrotts und der daraus resultierenden Vermeidung an primärer Feinzinkproduktion bleiben nur geringe Wirkungspotenziale am Ende des Lebenszyklus übrig.

**Tabelle 3-2: Beiträge der Herstellung des Zinkblech Produkt-Mix zu den betrachteten Wirkungskategorien**

Titanzink-Blech					
Wirkkategorie	Einheit	Summe Herstellung und Recyclingpotenzial	Wert je kg Zinkblech Herstellung	Wert je kg Zinkblech Umschmelzung	Wert je kg Zinkblech Gutschrift
Treibhauspotenzial (GWP 100)	[kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]	<b>0,96</b>	2,62	0,07	-1,72
Ozonabbaupotenzial (ODP)	[kg R11-Äqv.]	<b>0,176 * 10<sup>-6</sup></b>	0,562 * 10 <sup>-6</sup>	5,12 * 10 <sup>-9</sup>	-0,392 * 10 <sup>-6</sup>
Versauerungspotenzial (AP)	[kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]	<b>3,32 * 10<sup>-3</sup></b>	13,5 * 10 <sup>-3</sup>	0,193 * 10 <sup>-3</sup>	-10,33 * 10 <sup>-3</sup>
Überdüngungspotenzial (EP)	[kg Phosphat-Äqv.]	<b>0,277 * 10<sup>-3</sup></b>	1,03 * 10 <sup>-3</sup>	17,55 * 10 <sup>-6</sup>	-0,775 * 10 <sup>-3</sup>
Sommersmogpotenzial (POCP)	[kg Ethen-Äqv.]	<b>0,294 * 10<sup>-3</sup></b>	1,10 * 10 <sup>-3</sup>	27,77 * 10 <sup>-6</sup>	-0,824 * 10 <sup>-3</sup>

---

## 4 Literaturverzeichnis

GABI 2003	GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. IKP, Universität Stuttgart und PE Europe GmbH, April 2003.“
ISO 14040 : 1997	ISO 14040 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework, 1997
ISO 14041 : 1998	ISO 14041 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analysis, 1998
ISO 14042 : 2000	ISO 14042 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment, 2000
ISO 14043 : 2000	ISO 14043 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation, 2000

## Anhang A Sachbilanztafel

Input		Herstellung	Nutzungs- szenario (Abwitterung)	Recycling- potenzial
Ressourcen		je kg Zinkblech	je kg Zinkblech	je kg Zinkblech
<b>Energetische Ressourcen</b>				
Braunkohle $H_U$ : 9,4 MJ/kg	MJ	3,865		-1,313
Erdgas $H_U$ : 40,4 MJ/kg	MJ	7,090		-4,048
Erdöl $H_U$ : 42,7 MJ/kg	MJ	4,577		-3,482
Steinkohle $H_U$ : 27,8 MJ/kg	MJ	14,163		-10,090
Uran (U) natürlich $H_U$ : 559500 MJ/kg	MJ	15,751		-10,247
Primärenergie aus Wasserkraft	MJ	3,253		-2,547
Primärenergie aus Windkraft	MJ	0,161		-0,017
Primärenergie aus Sonnennutzung	MJ	-		-
Holz	MJ	0,390		-0,304
Nachwachsende Rohstoffe	MJ	0,002		$-9,1 * 10^{-4}$
Sekundärbrennstoffe (zu spez.)	MJ	-		-
<b>Stoffliche Ressourcen</b>				
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> -Aufnahme)	kg	-		-
Deckschicht (Boden)	kg	-		-
Taubes Gestein	kg	4,955		-2,214
<b>Mineralische Rohstoffe</b>				
Kalkstein (CaCO <sub>3</sub> )	kg	0,012		-0,005
Rohkies/Sand	kg	-		-
Steinsalz (NaCl)	kg	$5,0 * 10^{-4}$		$-1,8 * 10^{-4}$
<b>Erze</b>				
Bauxit (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *H <sub>2</sub> O)	kg	0,006		-
Chromerze	kg	-		-
Eisenerze (Fe)	kg	0,003		-0,002
Nickelerze (Ni)	kg	$1,5 * 10^{-6}$		-
Kupfererze (Cu)	kg	0,256		-
Zink-Mischerze	kg	2,968		-2,564
<b>Wasser</b>				
Grundwasser	m <sup>3</sup>	49,430		-30,823
Oberflächenwasser	m <sup>3</sup>	64,592		-40,762

Output		Herstellung	Nutzungs- szenario (Abwitterung)	Recycling- potenzial
		je kg Zinkblech	je kg Zinkblech	je kg Zinkblech
Produkt: Zinkblech	kg	1	1	1
<b>Anorganische Emissionen in Luft</b>				
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	kg	2,493		-1,573
Kohlenmonoxid (CO)	kg	0,002		-0,001
Staub (Summenwert)	kg	-		-7,2 * 10 <sup>-4</sup>
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	kg	0,006		-0,004
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	kg	8,7 * 10 <sup>-5</sup>		-5,8 * 10 <sup>-5</sup>
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	kg	8,5 * 10 <sup>-6</sup>		-1,4 * 10 <sup>-7</sup>
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	kg	0,009		-0,006
Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S)	kg	1,8 * 10 <sup>-5</sup>		-7,1 * 10 <sup>-7</sup>
Chlorwasserstoff (HCl)	kg	2,8 * 10 <sup>-4</sup>		-2,3 * 10 <sup>-4</sup>
Fluorwasserstoff (HF)	kg	4,4 * 10 <sup>-5</sup>		-3,5 * 10 <sup>-5</sup>
Wasserdampf (H <sub>2</sub> O)	kg	7,015		-4,218
<b>Organische Emissionen in Luft</b>				
NMVOC (nicht-Methan VOC)	kg	0,001		-7,3 * 10 <sup>-4</sup>
Methan (CH <sub>4</sub> )	kg	0,004		-0,002
PAK (polyzyk. aromat. KW)	kg	3,5 * 10 <sup>-8</sup>		-1,6 * 10 <sup>-8</sup>
Benzo(a)pyren (C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> )	kg	3,7 * 10 <sup>-9</sup>		-2,2 * 10 <sup>-9</sup>
Dioxine (2,3,7,8 TCDD;TE)	kg	3,6 * 10 <sup>-12</sup>		-1,2 * 10 <sup>-12</sup>
<b>Metalle in Luft</b>				
Arsen (As)	kg	3,9 * 10 <sup>-7</sup>		-3,1 * 10 <sup>-7</sup>
Blei (Pb)	kg	7,9 * 10 <sup>-6</sup>		-4,3 * 10 <sup>-6</sup>
Cadmium (Cd)	kg	1,3 * 10 <sup>-7</sup>		-8,3 * 10 <sup>-8</sup>
Chrom (Cr <sup>III+</sup> )	kg	-		-
Chrom unspezifisch	kg	1,5 * 10 <sup>-7</sup>		-1,1 * 10 <sup>-7</sup>
Kupfer (Cu)	kg	5,8 * 10 <sup>-7</sup>		-2,2 * 10 <sup>-7</sup>
Nickel (Ni)	kg	1,2 * 10 <sup>-7</sup>		-9,3 * 10 <sup>-7</sup>
Quecksilber (Hg)	kg	8,2 * 10 <sup>-8</sup>		-5,8 * 10 <sup>-8</sup>
Thallium (Tl)	kg	2,6 * 10 <sup>-10</sup>		-1,7 * 10 <sup>-10</sup>
Vanadium (V)	kg	1,2 * 10 <sup>-6</sup>		-9,5 * 10 <sup>-7</sup>
Zink (Zn)	kg	2,1 * 10 <sup>-5</sup>		-5,9 * 10 <sup>-6</sup>
<b>Abwasser</b>				
Abwasser	m <sup>3</sup>	116,856		-75,521
<b>Emissionen in Wasser</b>				
BSB	kg	1,6 * 10 <sup>-5</sup>		-1,2 * 10 <sup>-5</sup>
CSB	kg	0,012		-0,008

TOC	kg	$8,6 \cdot 10^{-5}$		$-6,3 \cdot 10^{-5}$
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	kg	0,006		-0,004
Fluorid (F <sup>-</sup> )	kg	$4,1 \cdot 10^{-4}$		$-2,3 \cdot 10^{-4}$
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	kg	$1,8 \cdot 10^{-5}$		$-1,0 \cdot 10^{-5}$
Phosphat (PO <sub>4</sub> <sup>(3-)</sup> )	kg	$2,13 \cdot 10^{-6}$		$-1,5 \cdot 10^{-6}$
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>(2-)</sup> )	kg	0,017		-0,013
Kohlenwasserstoffe	kg	$1,8 \cdot 10^{-5}$		$-1,34 \cdot 10^{-5}$
PAK (polyzyk. aromat. KW)	kg	$8,1 \cdot 10^{-7}$		$-5,95 \cdot 10^{-7}$
Blei (Pb)	kg	$5,9 \cdot 10^{-6}$		$-4,8 \cdot 10^{-6}$
Cadmium (Cd)	kg	$5,2 \cdot 10^{-7}$		$-4,3 \cdot 10^{-7}$
Chrom (Cr <sup>III+</sup> )	kg	$4,9 \cdot 10^{-8}$		$-3,1 \cdot 10^{-8}$
Kupfer (Cu)	kg	$8,2 \cdot 10^{-7}$		$-6,4 \cdot 10^{-7}$
Nickel (Ni)	kg	$1,7 \cdot 10^{-7}$		$-9,5 \cdot 10^{-8}$
Quecksilber (Hg)	kg	$4,9 \cdot 10^{-7}$		$-4,1 \cdot 10^{-7}$
Zink (Zn)	kg	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-4} \text{ kg/a}^1$ ( $0,7-6,8 \cdot 10^{-4} \text{ kg/a}$ )	$-3,5 \cdot 10^{-5}$
<b>Emissionen in Boden</b>				
Kohlenwasserstoffe	kg			
PAK (polyzyk. aromat. KW)	kg			
Benzo(a)pyren	kg			
Dioxine (TCDD; TE)	kg			
Blei (Pb)	kg			
Cadmium (Cd)	kg			
Chrom (Cr <sup>III+</sup> )	kg			
Kupfer (Cu)	kg			
Nickel (Ni)	kg			
Quecksilber (Hg)	kg			
Zink (Zn)	kg			
<b>Auswertung Abfälle</b>				
Abraum	kg	5,627		-2,683
Erzaufbereitungsrückstände	kg	2,800		-2,072
Hausmüll (Siedlungsabfall)	kg	$3,0 \cdot 10^{-4}$		$-9,1 \cdot 10^{-5}$
Sondermüll	kg	0,012		-0,006
Radioaktive Abfälle	kg	0,006		-0,003

<sup>1</sup> Das Nutzungsszenario stellt ausschließlich die Zink-Abschwemmungen pro Jahr dar. Sie variiert je nach Ausrichtung der Anwendung und Benutzungsgrad. Der angegebene Wert ist der Durchschnitt aus den in dieser Studie betrachteten Anwendungsfällen und den minimalen und maximalen Werten (siehe Kapitel 2.1.4).